

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 05050315
"Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів"

Тема роботи: Сушильна установка у виробництві бікарбонату натрію «мокрим» способом. Розробити барабанну сушарку

Виконав:
студент групи ХМдн-51бд
Руссу Василь Андрійович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, ст. викл.

Скиданенко Максим Сергійович

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

Спеціальність 05050315

"Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"

Курс 5 Група ХМдн-51бд Семестр 10

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Руссу Василь Андрійович

1 Тема проекту: Сушильна установка у виробництві бікарбонату натрію «мокрим» способом. Розробити барабанну сушарку

2 Вихідні дані: Розробити барабанну сушарку для сушіння бікарбонату натрію продуктивністю 1250 кг/год. Вологість матеріалу (% на загальну масу): початкова – 4,7; кінцева – 0,15. Температура матеріалу (°C): початкова – 25; кінцева – 80. Теплоносій – повітря з початковою температурою 150 °C. Розмір частинок матеріалу (мм): максимальний – 1,4; мінімальний – 0,3. Теплові втрати становлять 10 %.

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|--|------------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u> | – 1,0 арк. |
| 2. <u>Складальний кресленик апарата</u> | – 1,0 арк. |
| 3. <u>Складальний кресленик барабана</u> | – 1,0 арк. |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / Р.О. Острога, М.С. Скиданенко, Я.Е. Михайловський, А.В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання

жовтень 2019 р.

Керівник

підпис

ст. викл. Скиданенко М.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 49 с., 11 рис., 2 табл., 1 додаток, 20 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки виробництва бікарбонату натрію «мокрим» способом, складальний кресленик атмосферної барабанної сушарки, складальний кресленик барабану апарата – усього 3 аркуша формату А1.

У роботі наведено теоретичні основи і особливості процесу сушіння, виконані технологічні розрахунки процесу, визначені габаритні розміри апарата, обґрунтований вибір конструкції апарата та матеріалів для виготовлення основних його елементів. Виконано розрахунок та проведено підбір допоміжного обладнання. Викладена організація монтажних і ремонтних робіт барабанної сушарки. Розрахунками на міцність та герметичність показана надійність роботи запроєктованого апарата. У розділі «Охорона праці» розглянуто теоретичне питання: «Фізичні та фізіологічні параметри шуму. Дія на організм людини. Нормування та методи захисту».

Ключові слова: СУШИЛЬНА УСТАНОВКА, БІКАРБОНАТ НАТРІЮ, СУШАРКА, БАРАБАН, ПОВІТРОДУВКА, ЦИКЛОН, ШУМ, НОРМУВАННЯ.

Зміст

	С.
Вступ	5
1 Технологічна частина	6
1.1 Опис технологічної схеми сушильної установки у виробництві NaHCO_3 «мокрим» способом	6
1.2 Теоретичні основи процесу сушіння	8
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів	14
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата	18
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу	18
2.2 Технологічні розрахунки	21
2.3 Конструктивні розрахунки	22
2.4 Гідравлічний опір апарата	26
2.5 Вибір допоміжного обладнання	27
3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність	30
4 Монтаж та ремонт апарата	37
4.1 Монтаж апарата	39
4.2 Ремонт апарата	39
5 Охорона праці	41
Література	48
Додаток – Специфікації до графічної частини проекту	

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	Руссу				<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	Скиданенко					4	49
<i>Реценз.</i>					<i>Барабанна сушарка</i> <i>Пояснювальна записка</i> СумДУ, ХМдн-516д		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затвердив.</i>	Склабінський						

Вступ

Бікарбонат натрію або натрій гідрокарбонатний – це хімічна сполука з формулою NaHCO_3 . Являє собою білу тверду речовину, має злегка солоний лужний смак, який нагадує смак пральної соди (карбонат натрію). Природна форма – мінерал нахколіт. Бікарбонат натрію є одним із компонентів мінеральної соди і знаходиться у багатьох мінеральних джерелах. Він знаходиться в розчиненому вигляді в жовчі, де він служить для нейтралізації кислотності соляної кислоти, яка виробляється в шлунку і виводиться у дванадцятипалу кишку тонкого кишечника. Ця речовина відома з давніх часів і широко використовується [1].

Сушінням називають видалення рідини (вологи) з твердих, рідких або газоподібних матеріалів (продуктів, препаратів). Найчастіше рідиною, що видалається є волога або леткі органічні розчинники [2]. За допомогою процесу сушіння матеріалам надають певних властивостей. У багатьох випадках забезпечують їх тривале зберігання, виключають необхідність перевезення баласту. Дуже часто сушіння є останнім етапом у процесі виробництва, що безпосередньо передує продажу або упакуванню продукції [3].

Сушіння супроводжується масо- і теплообміном між сушильним агентом (повітрям, топковими газами і т. ін.) і вологою матеріалу. Процес теплового сушіння може бути природним і штучним. Природне сушіння застосовується дуже рідко. За фізичною сутністю сушіння є складним дифузійним процесом, швидкість якого визначається швидкістю дифузії вологи з глибинних частин матеріалу до поверхні, а потім – у навколишнє середовище.

У результаті комплексної роботи над проектом закріплюються практичні навички в розрахунках і проектуванні апаратів хімічної технології. Кваліфікаційну роботу бакалавра виконано у відповідності до методичних вказівок із дотриманням нормативних вимог і представленням усіх регламентованих розділів [4].

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми сушильної установки у виробництві NaHCO_3 «мокрим» способом

На рис. 1.1 представлена технологічна схема переробки содового розчину в бікарбонат натрію «мокрим» способом. Принцип роботи даної установки полягає у наступному [5]. Отриманий у відділенні декарбонізації содовий розчин збирають у збірник 3 вихідного содового розчину, де відбувається його освітлення (відстій періодично видаляють з конічної частини збірника 3). Далі содовий розчин самопливом переливається у два поперемінно працюючих збірники 2 для приготування содового розчину, який подається на карбонізацію. У цей же збірник, у необхідному співвідношенні, встановлюваним матеріальним балансом, подають маточну рідину після згущувача центрифуг та, за необхідності, конденсат. Отримана, так звана, колонна рідина за допомогою насоса 1 подається на другу зверху бочку карбонізаційної колони 4. Верхня бочка є бризгоуловлювачем. Надлишок колонної рідини через перелив повертається до збірника 2.

У нижню частину карбонізаційної колони 4 під абсолютним тиском близько $4,5 \text{ кгс/см}^2$ подається двоокис вуглецю (CO_2) із вапняних печей. Попередньо, до надходження в колону, газ очищується від механічних домішок у промивачі газу 14. Для забезпечення достатньо високої швидкості абсорбції вміст CO_2 у газі вапняних печей повинен бути не нижче 32 %.

На виході з карбонізаційної колони вміст CO_2 у газі знижується до 18–22 %. Цей газ викидається в атмосферу.

Утворена в карбонізаційній колоні суспензія бікарбонату натрію під тиском маси рідини в колоні надходить у згущувач-відстійник 5, де згущується до відношення $T : Ж = 1$. Згущена частина суспензії спрямовується до центрифуги 6. Утворений у центрифугі осад передається за допомогою шнеків у барабанну сушарку 12. Перелив згущувача-відстійника 5 і маточник після центрифуги 6 надходять до збірників (на рис. 1.1 не показані) і відкачуються на приготування колоною рідини і частково на розсіл очищення.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

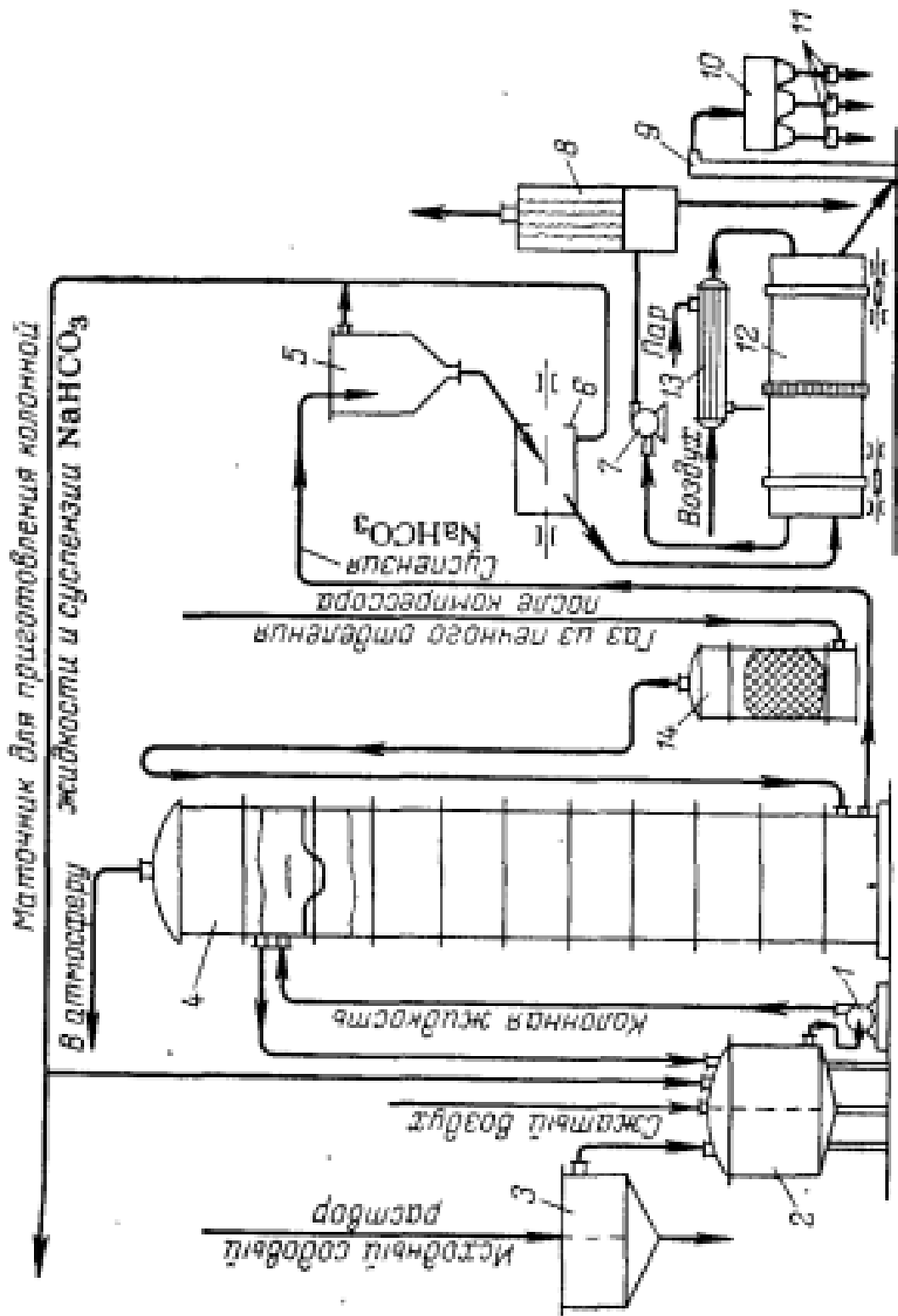


Рисунок 1.1 – Технологічна схема сушильної установки у виробництві бікарбонату натрію «мокрим» способом

Вологість осаду після центрифуги зазвичай становить 3–4 %. Сушіння бікарбонату в сушильному барабані 12 здійснюється потоком гарячого повітря, що надходить в барабан і рухається протитечійно NaHCO_3 , який дещо знижує вине-

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ

Лист

7

сення пилу із сушарки. Повітря нагрівається до 105–115 °С у кожухотрубному підігрівачі 13 за рахунок тепла насиченої водяної пари і надходить в барабанну сушарку 12. На виході з сушарки температура повітря знижується до 55–60 °С.

Для очищення від пилу повітря проходить рукавний фільтр 8 і тільки потім викидається в атмосферу. Повітря нагнітається за допомогою вентилятора 7, який встановлюється, зазвичай, уже після барабанної сушарки. Сухий бікарбонат натрію при температурі близько 45–55 °С подається елеватором 9 на сито-класифікатор 10, де він розділяється на декілька фракцій. Ці фракції можуть бути роздільно розфасовані при проходженні магнітного сепаратора 11. Великі фракції подрібнюються і знову подаються на сито-класифікатор 10. Бікарбонатна пил з рукавних фільтрів 8 приєднується до очищеного бікарбонату, що йде із барабанної сушарки 12.

1.2 Теоретичні основи процесу сушіння

Теоретичні основи досліджуваного процесу, які подано у цьому підрозділі, виконано на підставі аналізу літературних джерел [2, 5–8].

Види взаємодії вологи і речовини. Зв'язок вологи з матеріалом може бути механічним, фізико-хімічним і хімічним [2].

Механічний зв'язок означає, що волога знаходиться у порах продукту і на його поверхні. Капілярно зв'язана волога заповнює макро- і мікрокапіляри. Вона механічно пов'язана з матеріалом і найлегше видаляється. Тиск пари над поверхнею матеріалу є тим меншим, чим міцнішим є зв'язок між водою і матеріалом. Найміцнішим цей зв'язок є у гігроскопічних речовин. Тиск пари над ними найбільше відрізняється від тиску насиченої пари.

Фізико-хімічний зв'язок вологи з матеріалом буває адсорбційним (волога утримується на внутрішній поверхні капілярів та пористості продуктів), осмотичним (вода пов'язана з матеріалом за рахунок сил осмотичного тиску) і структурним (вода утримується всередині клітин рослинного чи тваринного походження).

Під *хімічно зв'язаною* вологою мають на увазі воду, яка в результаті реакції гідратації увійшла до складу гідроокису і з'єднань типу кристалогідратів. Зв'язок

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

порушується в результаті хімічного впливу. Із точки зору сили зв'язку з матеріалом ця вода не завжди сильно відрізняється від адсорбованої: такі оксиди як HgO або Ag_2O відповідних гідроксидів не утворюють (при взаємодії розчинів солей з лугами в осад випадають відразу оксиди), $\text{Cu}(\text{OH})_2$ відщеплює воду перетворюючись на CuO при кип'ятінні розчину з якого осаджений, а такий кристалогідрат як $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ легко вивітрюється (втрачає кристалізаційну воду) на повітрі за звичайних умов.

Вологому матеріалу властиві всі форми зв'язку з водою, і дуже складно розмежувати періоди сушіння, що відповідають різним видам зв'язку молекул води з молекулами речовини. Тому експериментальним шляхом будують ізотерми сорбції при постійній температурі. Ізотерми сорбції дозволяють встановити зв'язок між вологістю матеріалу і відносною вологістю повітря, а також визначити рівноважну вологість при сушінні.

Кількість вологи W , яка видаляється з матеріалу в процесі сушіння при зміні вмісту вологи матеріалу (вважаючи на суху речовину) від ω_H до ω_K ,

$$W = G \cdot (\omega_H - \omega_K),$$

де G – продуктивність сушарки за сухим продуктом, кг/с.

Якщо в якості сушильного агента використовується повітря, то його витрата розраховується по залежності:

$$G_C = \frac{W}{x_K - x_H},$$

де x_K і x_H – кінцевий і початковий вологовміст повітря в дійсній сушарці, кг/кг.

Питомий об'єм вологого повітря (віднесений до 1 кг сухого повітря) $\nu_{\text{вд}}$ ($\text{м}^3/\text{кг}$) розраховується за формулою:

$$\nu_{\text{вд}} = \frac{R_B \cdot T}{P - \varphi_B \cdot P_{\text{нас}}},$$

де R_B – газова постійна; для повітря $R_B = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

T – температура повітря, К;

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

P – загальний тиск пароповітряної суміші, Па;

φ_B – відносна вологість повітря, частки;

$P_{НАС}$ – тиск насиченої водяної пари, Па.

Різниця питомих витрат теплоти в дійсній і в теоретичній сушарках:

$$\Delta q = q - q_T = \frac{(I_H - I_K)}{(x_K - x_H)},$$

де q і q_T – питома теплота в дійсній і теоретичній сушарках відповідно, Дж/кг;

I_H і I_K – ентальпія повітря на вході і виході з сушарки відповідно, Дж/кг.

При відсутності додаткового підігріву повітря в сушильній камері маємо:

$$\Delta q = q_{МАТ} + q_{ТР} + q_{ПОТ} - c_{\omega} \cdot \theta_H,$$

де $q_{МАТ}$ – питома теплота, що витрачається на нагрівання матеріалу від температури θ_H до температури θ_K , Дж/кг;

$$q_{МАТ} = \frac{G \cdot c_M \cdot (\theta_K - \theta_H)}{W},$$

де c_M – питома теплоємність сухого матеріалу, Дж/(кг·К);

$q_{ТР}$ – питома теплота на нагрівання транспортних пристроїв, Дж/кг;

$$q_{ТР} = \frac{G_{ТР} \cdot c_{ТР} \cdot (t_{ТР,К} - t_{ТР,Н})}{W};$$

$q_{ПОТ}$ – питомі втрати теплоти, Дж/кг. Для попередніх розрахунків зазвичай приймають

$$q_{ПОТ} = (0,05 \div 0,10) \cdot q_T.$$

Вибір способу сушіння, а відповідно і типу сушарки, залежить від хімічних властивостей матеріалу. За конструктивним виконанням сушильні апарати бувають: камерні, шнекові, пневматичні трубні, тарілчасті, роторні, барабанні, стріч-

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

кові, шахтові, вихрові, киплячого шару, аерофонтанні, вальцьові, вібраційні, розпилювальні тощо.

Для сушіння як органічних, так і неорганічних речовин найбільш часто застосовуються барабанні сушарки, які являють собою зварний циліндр – барабан, на зовнішній поверхні якого закріплені бандажні опори, кільця жорсткості і приводний зубчастий вінець; вісь барабана може бути нахилена до горизонту до 4 градусів.

Барабанні атмосферні сушарки (рис. 1.2) – апарати безперервної дії, які призначені для сушіння сипучих матеріалів топковими газами або нагрітим повітрям. Різновидом барабанних атмосферних сушарок є апарати з контактним підведенням тепла через спеціальну трубчасту насадку. На кінцях циліндричного корпусу барабанної сушарки є розподільні камери. Вони служать для подачі в барабан і відведення з нього теплоносія.

Основний матеріал для виготовлення барабанів сушарок, завантажувальних і розвантажувальних камер – вуглецеві сталі. Барабанні сушарки випускаються серійно [5, 6].

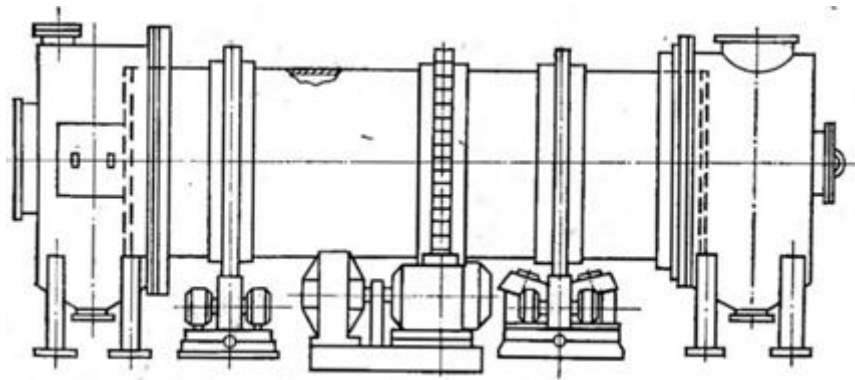


Рисунок 1.2 – Барабанна атмосферна сушарка

На рис. 1.3 наведена схема сушильної установки з барабанною сушаркою. Принцип роботи даної установки полягає у наступному [7]. Матеріал надходить у сушарку через живильник-дозатор 5. Гази, одержувані спалюванням в топці 2 рідкого палива, надходять через розподільну камеру в барабан 4. Сушарка працює в умовах прямогоку матеріалу і теплоносія.

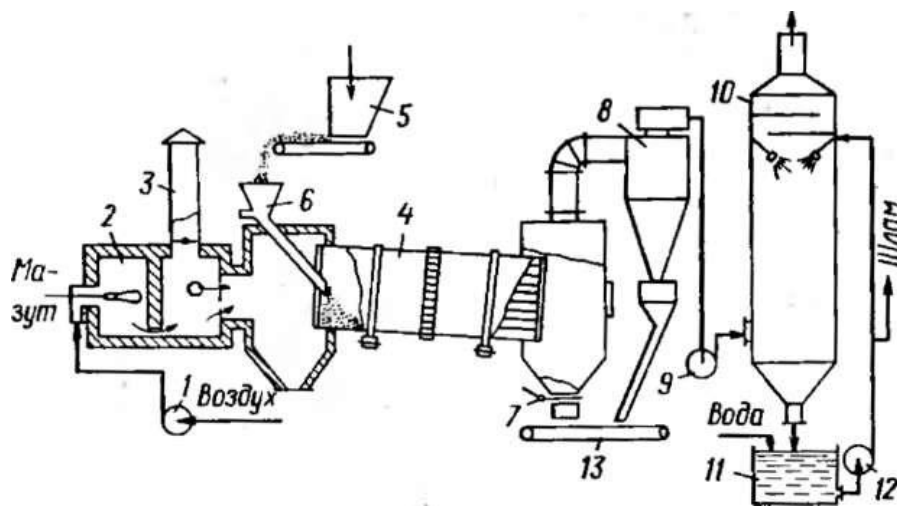


Рисунок 1.3 – Установка з барабанною сушаркою: 1 – вентилятор; 2 – топка; 3 – розтопна труба; 4 – барабанна сушарка; 5 – стрічковий живильник; 6 – тічка; 7 – затвор; 8 – циклон; 9 – димосос; 10 – скруббер; 11 – шламовідстійник; 12 – насос; 13 – стрічковий транспортер

Висушений матеріал вивантажується через затвор – «мигалку» 7 і відводиться стрічковим транспортером 13, гази надходять в циклон-пиловідокремлювач 8, з якого відводяться димососом 9 в мокрий скруббер 10 і далі в атмосферу. Сушарка працює під невеликим розрідженням.

Барабанні вакуумні сушарки працюють, як правило, періодично. Їх застосовують для звільнення термочутливих матеріалів від води та органічних розчинників, а також для сушіння токсичних матеріалів [6].

Залежно від властивостей матеріалу і вимог до готової продукції застосовують сушарки середнього (залишковий тиск 3–13 кПа) або глибокого (залишковий тиск до 133,3 Па) вакууму. Вакуумні барабанні сушарки застосовують в основному у виробництві отрутохімкатів, гербіцидів, деяких полімерних матеріалів, а також в медичній, харчовій та фармацевтичній промисловостях.

Барабанна вакуумна гребкова сушарка (рис. 1.4) з реверсивним обертанням ротора (типу СВГР) являє собою горизонтальний циліндричний барабан із сорочкою, всередині якого встановлено лопатевий перемішувачий пристрій.

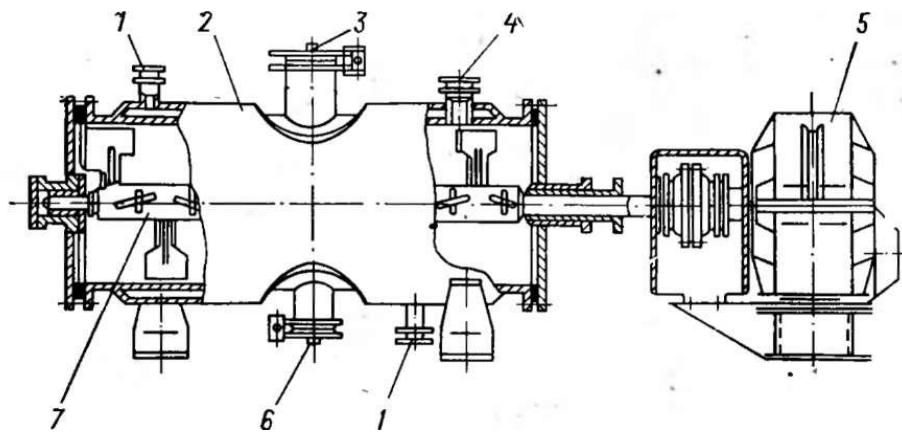


Рисунок 1.4 – Барабанна вакуумна гребкова сушарка типу СВГР з реверсивним обертанням ротора: 1 – штуцер для введення грюючої пари і виведення конденсату; 2 – корпус; 3 – завантажувальний штуцер; 4 – штуцер для відведення парів; 5 – електродвигун; 6 – розвантажувальний штуцер; 7 – лопатевий вал

Реверсне обертання валу – автоматичне. У цих сушарках можуть бути встановлені перемішують пристрої різних конструкцій: гребкова мішалка без обігріву, лопатева мішалка з валом, що обігрівається, або мішалка з додатковими трубчастими поверхнями теплообміну. Сушіння продукту відбувається, при контакті з нагрітими поверхнями в умовах вакууму. Залишковий тиск в апараті до 5,3 кПа.

Барабанні вакуумні сушарки (типу ВБС) з обертвовим корпусом (рис. 1.5) відрізняються гарною герметичністю, що дозволяє використовувати їх для сушіння токсичних сипучих матеріалів.

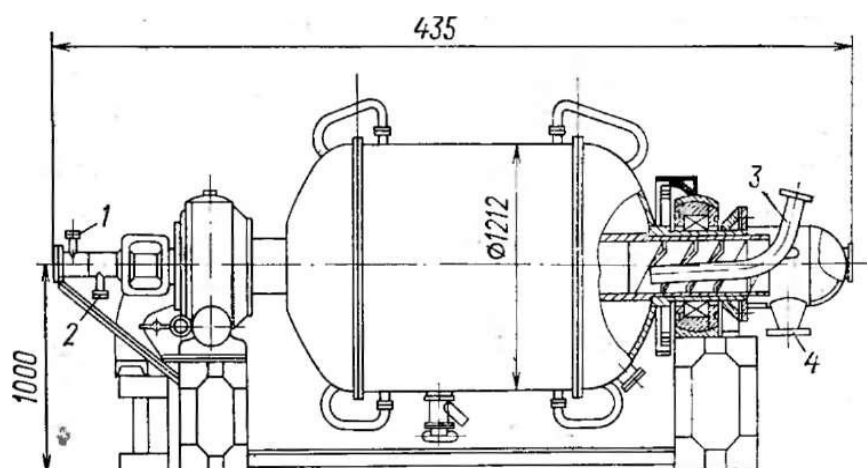


Рисунок 1.5 – Барабанна вакуумна сушарка типу ВБС з обертвовим корпусом: 1 – штуцер для підведення пари; 2 – штуцер для відведення конденсату; 3 – патрубков для з'єднання сушарки з вакуум-насосом; 4 – розвантажувальний патрубок

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ

Лист

13

Ця сушарка містить ряд вбудованих один в інший циліндрів, які обігріваються паром низького тиску або водою. Для захисту висушених матеріалів від взаємодії з повітрям – вивантажують і охолоджують матеріал під вакуумом. За допомогою однієї цапфи підводять пару до парових сорочок циліндрів і відводять конденсат, а за допомогою іншої – завантажують вихідний матеріал і вивантажують готовий продукт (з використанням шнекового пристрою). Для створення вакууму в установці використовуються механічні або пароструминні вакуум-насоси.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструкційних матеріалів

На рис. 1.6 показано пристрій проектованої барабанної сушарки.

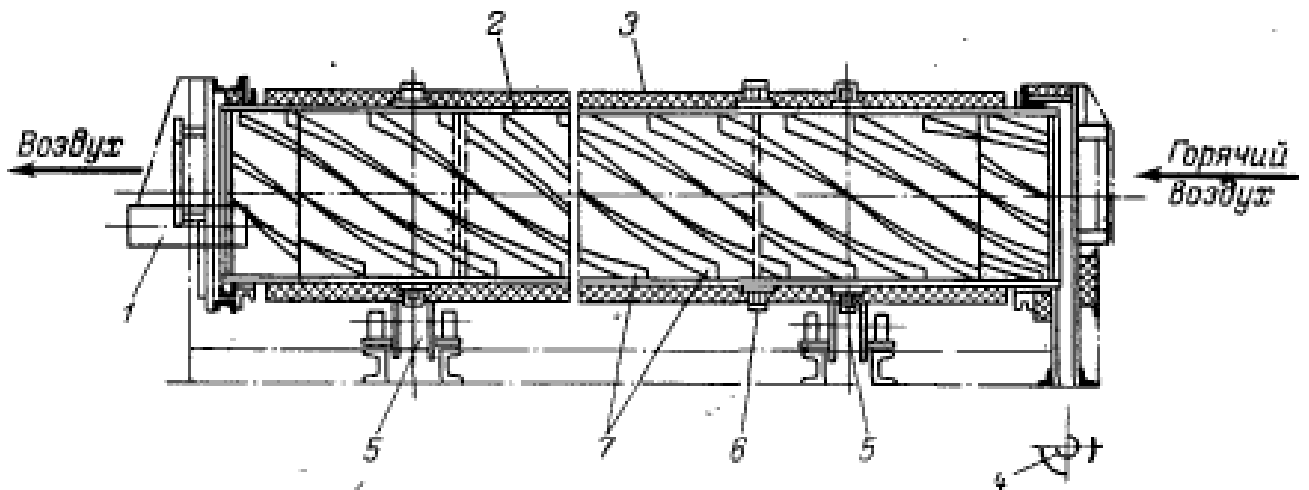


Рисунок 1.6 – Загальний вигляд барабанної сушарки: 1 – живильник (шнек) для введення вологого бікарбонату натрію в сушарку; 2 – барабан; 3 – термоізоляція; 4 – вивантажувальний шнек; 5 – опорно-упорні ролики; 6 – приводна (венцова) шестерня; 7 – насадка

Барабанна сушарка має циліндричний барабан 2. Для кращого перемішування матеріалу і переміщення його уздовж сушарки барабан 2 встановлений з невеликим нахилом до горизонту (близько 2–3°) у сторону розвантажувального отвору, і спирається за допомогою бандажів на опорно-упорні ролики 5. Барабан приводиться в обертання електродвигуном через зубчасту передачу за допомогою приводної (венцової) шестерні 6 і редуктора. Число обертів барабана, зазвичай, не пере-

вищує 5–8 об/хв. Матеріал подається в барабан живильником 1, попередньо підсушується, перемішуючись насадкою барабана 7, розташовану вздовж майже всієї довжини барабана.

Насадка забезпечує рівномірний розподіл і гарне перемішування матеріалу по усьому перетину барабана, а також сприяє його тісному зіткненню при пересипанні із сушильним агентом (повітрям). У розвантажувального кінця барабана є підпирний пристрій у вигляді суцільного кільця (у вигляді жалюзі). Основне призначення цього кільця – підтримувати певний рівень заповнення барабана матеріалом. Як правило, ступінь заповнення не перевищує 20 %. Час перебування, зазвичай, регулюється швидкістю обертання барабана і рідше – зміною кута його нахилу. Висушений матеріал видаляється з барабана 2 через розвантажувальний пристрій 4, за допомогою якого герметизується камера вивантаження і запобігається надходження в неї повітря ззовні.

Правильний вибір матеріалів і технології виготовлення апаратів сприяє збільшенню тривалості їх ефективної експлуатації, зниженню трудомісткості їх виготовлення та собівартості. Вибір матеріалів та заготовок обумовлюється характером виробництва, конструктивними, експлуатаційними та технологічними особливостями, а також економічною доцільністю. Для матеріалів які працюють в агресивному середовищі необхідно враховувати характер останніх, концентрацію та температуру [9].

Матеріалами для виготовлення сталевих зварних апаратів є напівфабрикати, які поставляються металургічною промисловістю у вигляді листового, сортового та фасонного прокатів, труб, спеціальних поковок та відливків тощо. Матеріали повинні бути хімічно- та корозійно-стійкими в робочому середовищі, при відповідних робочих параметрах; володіти гарною зварюваністю; відповідними показниками міцності та пластичності; допускати холодну та гарячу механічну обробку, а також мати якомога нижчу вартість та не бути дефіцитними. Якість, хімічний склад та механічні властивості матеріалів повинні відповідати вимогам діючих стандартів [10].

Вибір конструкційних матеріалів проводиться на підставі аналізу умов експлуатації обладнання, параметрів процесу (таких як температура, тиск,

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

концентрація робочих середовищ та їх агресивність). Також, обираючи матеріали заготовок, враховують: механічні властивості матеріалів, хімічну стійкість, теплопровідність, технологічність у виготовленні та вартість матеріалу. Одним із найважливіших показників при виборі матеріалу є здатність матеріалу добре зварюватися, адже більшість нероз'ємних з'єднань при виготовленні хімічних апаратів виконують зварюванням. Хімічна промисловість відрізняється застосуванням агресивних речовин, а тому корозійна стійкість матеріалів є ключовим фактором при виборі матеріалу обладнання та визначає довголіття хімічного обладнання [9, 10].

Відтак, для корпусу сушарки, усіх внутрішніх пристроїв, завантажувальної і розвантажувальної камер застосовуємо сталь ВМСтЗсп. Вибрана сталь є достатньо корозійностійкою при контакті з робочими середовищами (такими як волога пульпа і гарячий вологий сушильний агент). Для венцової шестерні та опорних роликів застосована сталь 45Х. Для бандажів застосована сталь 40. Вісі роликів – сталь 38ХГН.

Дані за матеріалами, що застосовуються у даній конструкції, зведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Конструкційні матеріали, які застосовуються у конструкції

Елемент конструкції	Матеріал	Механічні характеристики
Корпус сушарки	ВМСтЗсп	$\sigma_T = 240$ МПа $\sigma_B = 380$ МПа
Перевалочні пристрої	ВМСтЗсп	$\sigma_T = 240$ МПа $\sigma_B = 380$ МПа
Завантажувальна камера	ВМСтЗсп	$\sigma_T = 240$ МПа $\sigma_B = 380$ МПа
Розвантажувальних камера	ВМСтЗсп	$\sigma_T = 240$ МПа $\sigma_B = 380$ МПа
Венцова шестерня	45Х	$\sigma_T = 750$ МПа $\sigma_B = 950$ МПа
Бандажі	Сталь 40	$\sigma_T = 340$ МПа $\sigma_B = 580$ МПа

Продовження табл. 1.1

Опорні ролики	Сталь 35Л	$\sigma_T = 340$ МПа $\sigma_B = 580$ МПа
Вісі опорних роликів	Сталь 38ХГН	$\sigma_T = 240$ МПа $\sigma_B = 540$ МПа
Вузол обв'язки форсунок	X18H10T	$\sigma_T = 240$ МПа $\sigma_B = 540$ МПа

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу

Для сушарки барабанного типу вибираємо прямотокову схему руху матеріалу і теплоносія (рис. 8).

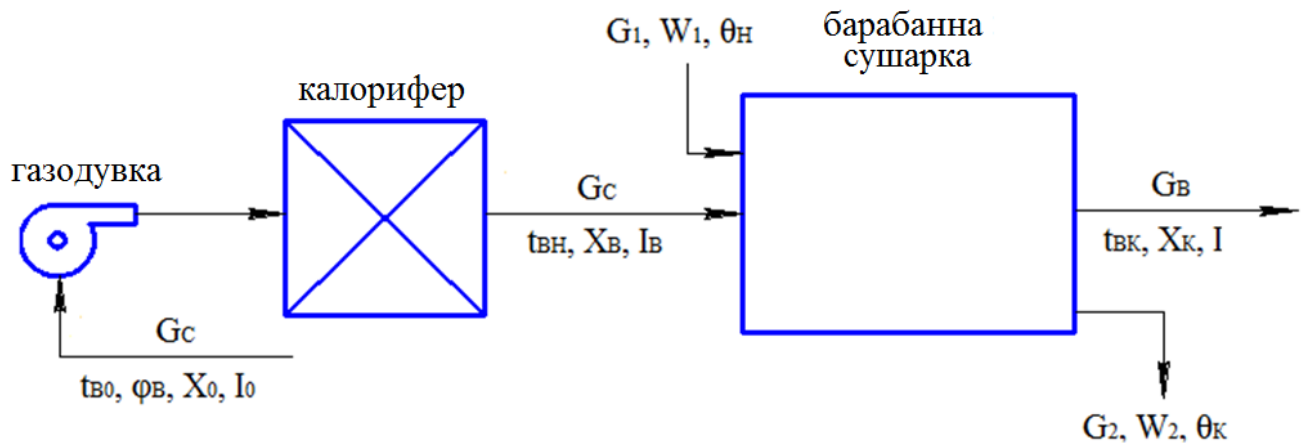


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема сушильного вузла установки

Для початку визначаємо середньорічні параметри повітря в місці геолокації установки. Приймаємо допущення, що клімат є помірно континентальним з прохолодною зимою і теплим літом. Середньорічна температура повітря становить $t_{в0} = 7^{\circ}\text{C}$, а відносна вологість повітря в середньому за рік становить $\phi_{в0} = 75\%$.

За рекомендаціями [12] приймаємо коефіцієнт заповнення барабана $\psi = 0,15$. За діаграмою Рамзина (див. рис. 2.2) параметри повітря перед калорифером складають: точка А на діаграмі ($X_0 = 0,005$ кг/кг; $I_0 = 20$ кДж/кг).

Тоді параметри повітря у калорифері: точка В ($t_{вн} = 150^{\circ}\text{C}$, $X_{в} = 0,005$ кг/кг, $I_{в} = 170$ кДж/кг).

Параметрами точки C_1 є: постійна ентальпія $I_{в} = 170$ кДж/кг і кінцева температура повітря, яку приймаємо за практичними даними $t_{вк} = 90^{\circ}\text{C}$ [12].

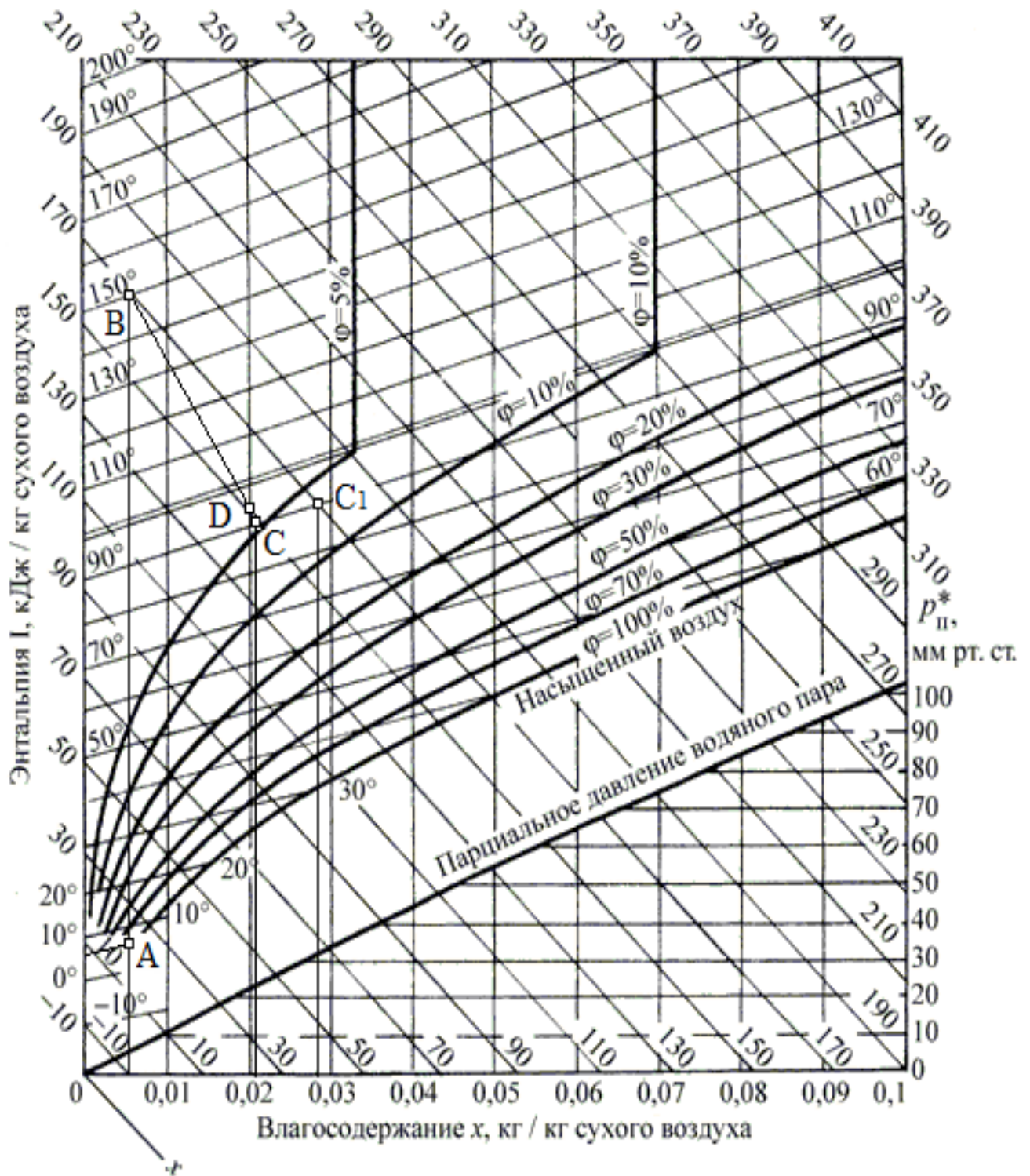


Рисунок 2.2 – Зображення реального процесу сушіння на діаграмі Рамзина

При теоретичному процесі сушіння питома теплота визначається з рівняння:

$$q_T = \frac{I_B - I_0}{X_{ВИХ} - X_0}, \quad (1)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

де $X_{\text{ВИХ}}$ – вміст вологи у повітрі на виході з сушарки при теоретичному процесі, кг/кг. За діаграмою Рамзина $X_{\text{ВИХ}} = 0,028$ кг/кг (точка C_1 , рис. 2.2).

$$q_T = \frac{170 \cdot 10^3 - 20 \cdot 10^3}{0,028 - 0,005} = 6,5 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

У реальній сушарці кінцевий вміст вологи X_K буде меншим за $X_{\text{ВИХ}}$. Його значення визначаємо наступним чином.

Із рівняння лінії реального процесу сушіння

$$I = I_B - \Delta q \cdot (X - X_0), \quad (2)$$

приймавши будь-яке значення X , менше $X_{\text{ВИХ}}$, визначаємо I , попередньо розрахувавши витрату вологи W , що випаровується, і поправку Δq для реального процесу сушіння.

Витрата вологи, що випаровується:

$$W = G_1 \cdot (\omega_H - \omega_K), \quad (3)$$

$$W = 1250 \cdot (0,047 - 0,0015) = 57 \text{ (кг/год.)}$$

Питома теплота на нагрівання матеріалу при температурі матеріалу на виході з сушарки:

$$q_{\text{МАТ}} = \frac{G_1 \cdot c_M \cdot (\theta_K - \theta_H)}{W}, \quad (4)$$

де c_M – питома теплоємність NaHCO_3 , $c_M = 800$ Дж/(кг·К) [13].

$$q_{\text{МАТ}} = \frac{1250 \cdot 800 \cdot (80 - 25)}{57} = 9,6 \cdot 10^5 \text{ (Дж / кг)}.$$

Із огляду на те, що втрати тепла складають 10 %, отримаємо:

$$q_{\text{ПОТ}} = 0,10 \cdot q_T = 0,10 \cdot 6,5 \cdot 10^6 = 6,5 \cdot 10^5 \text{ (Дж/кг)}.$$

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Різниця температур в теоретичній і реальній сушарках:

$$\Delta q = q_{MAT} + q_{ПОТ} - c_{\omega} \cdot t_{BO}, \quad (5)$$

$$\Delta q = 9,6 \cdot 10^5 + 6,5 \cdot 10^5 - 4200 \cdot 7 = 1,58 \cdot 10^6 \text{ (Дж/кг)}.$$

Прийнявши значення $X = 0,02$ кг/кг, за рівнянням (2) розраховуємо:

$$I = 170 \cdot 10^3 - 1,58 \cdot 10^6 \cdot (0,02 - 0,005) = 150 \cdot 10^3 \text{ (Дж/кг)}.$$

Виходячи з діаграми Рамзина (рис. 2.2), визначаємо вміст вологи в повітрі на виході з сушарки. Для цього проведемо лінію через дві точки:

– точка В має координати ($X_B = 0,005$ кг/кг; $I_B = 170$ кДж/кг);

– точка D має координати ($X = 0,02$ кг/кг; $I = 150$ кДж/кг),

до перетину з ізотермою $t_{BK} = 90^\circ\text{C}$. Відповідно, знаходимо вміст вологи у повітрі, який залишає барабанну сушарку: $X_K = 0,021$ кг/кг (рис. 2.2, точка С).

2.2 Технологічні розрахунки

Витрата сухого теплоносія в сушарці:

$$G_C = \frac{W}{X_K - X_0}, \quad (6)$$

$$G_C = \frac{57}{0,021 - 0,005} = 3563 \text{ (кг/год.)}$$

Витрата вологого теплоносія на виході з сушарки:

$$V_B = V_{num} \cdot G_C, \quad (7)$$

$$\text{де } v_{num} = \frac{R_B \cdot T}{P - \phi_v P_{нас}} = \frac{287 \cdot (273 + 90)}{10^5 - 0,75 \cdot 3,2 \cdot 10^4} = 1,37 \text{ (м}^3\text{/кг)};$$

$$V_B = 1,37 \cdot 3563 = 4884 \text{ (м}^3\text{/кг)}.$$

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

2.3 Конструктивні розрахунки

Прийmemo швидкість повітря на виході з сушарки за [12]: $\omega_r = 3$ м/с при розмірі частинок $\delta_{\text{ч}} = 0,3-1,4$ мм і відповідній насипній щільності матеріалу.

Внутрішній діаметр сушильного барабана:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot (1 - \psi) \cdot \omega_r}}; \quad (8)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4884}{3,14 \cdot (1 - 0,15) \cdot 3 \cdot 3600}} = 0,82 \text{ (м)}.$$

Прийнявши товщину футерування $\delta_{\text{ф}} = 0,15$ м [12], розрахуємо зовнішній діаметр сушарки:

$$D_{\text{н}} = D + 2 \cdot \delta_{\text{ф}}; \quad (9)$$

$$D_{\text{н}} = 0,82 + 2 \cdot 0,15 = 1,12 \text{ (м)}.$$

Згідно [12] вибираємо сушильний барабанний апарат із зовнішнім діаметром 1200 мм:

- СБ 1,2-6 – довжина барабана $L = 6000$ мм;
- СБ 1,2-8 – довжина барабана $L = 8000$ мм;
- СБ 1,2-10 – довжина барабана $L = 10000$ мм.

Згідно [13], приймаємо напруженість барабана за вологою $A = 5,5$ кг/(м³·год), тоді необхідний внутрішній об'єм барабана буде дорівнювати:

$$V_B = \frac{W}{A}; \quad (10)$$

$$V_B = \frac{57}{5,5} = 10,36 \text{ (м}^3\text{)}.$$

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

При цьому довжина барабана складе:

$$L = \frac{4 \cdot V_B}{\pi \cdot D_B^2}; \quad (11)$$

$$L = \frac{4 \cdot 10,36}{3,14 \cdot 1,2^2} = 9,17 \text{ (м)}.$$

За [12] остаточно вибираємо сушарку типу СБ 1,2-10.

Попередня товщина стінки барабана δ , мм, знаходиться в межах:

$$\begin{aligned} 0,005 \cdot D_H &\leq \delta \leq 0,01 \cdot D_H; \\ 0,005 \cdot 1200 &\leq \delta \leq 0,01 \cdot 1200; \\ 6 &\leq \delta \leq 12. \end{aligned}$$

Із можливого діапазону товщин приймаємо $\delta = 10$ мм.

Далі визначаємо частоту обертання барабана (об/хв.):

$$n_{\delta} = \frac{mkL_{\delta}}{\tau D_{\delta} \operatorname{tg} \alpha} \quad (12)$$

де $m = 0,5$ – коефіцієнт, що залежить від типу насадки (прийнято для підйомно-лопатевої насадки);

$R = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує прямоочний рух бікарбонату натрію і повітря.

$L_{\delta} = 10$ м – довжина барабана;

$D_{\delta} = 1,2$ м – діаметр барабана;

$\alpha = 4^{\circ}$ – кут нахилу барабана до горизонту;

τ – тривалість процесу сушіння, хв.

Тривалість процесу сушіння для барабанної камери визначається за формулою:

$$\tau = \frac{\beta \rho_{\text{ч}} (1 + \psi)}{2A [200 - (1 - \psi)]} = \frac{0,04 \times 2200 (1 + 0,15)}{2 \cdot 10 [200 - (1 - 0,15)]} = 0,025 = 1,52 \text{ хв.} \quad (13)$$

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

Тоді частота обертання барабана буде становити:

$$n_6 = \frac{0,5 \times 0,7 \times 10}{1,52 \times 1,2 \times \text{tg} 2^\circ} = 27,4 \text{ об/хв.}$$

Необхідна потужність на обертання барабана визначається за формулою:

$$N = 0,0013 D_6^3 L_6 \rho_M k_{\text{нас.}} n_6, \quad (14)$$

де $k_{\text{нас.}} = 0,038$ – коефіцієнт потужності, що залежить від типу насадки і коефіцієнта заповнення барабана.

$$N = 0,0013 \times 1,2^3 \times 10 \times 2200 \times 0,038 \times 27,4 = 515 \text{ Вт.}$$

Дійсна швидкість газів в барабані ω_g :

$$\omega_g = \frac{V_B}{0,785 \times D^2}. \quad (15)$$

$$\omega_g = \frac{4884}{3600 \times 0,785 \times 1,2^2} = 1,2 \text{ м/с}$$

Уточнюємо кут нахилу барабана до горизонту:

$$\alpha = \left[\frac{30,5 \times L_6}{D n \tau} + 0,007 \omega_g \right] \times \frac{180}{\pi} \quad (16)$$

$$\alpha = \left[\frac{30,5 \cdot 10}{1,2 \cdot 27,4 \cdot 1,52} + 0,007 \cdot 1,2 \right] \cdot \frac{180}{3,14} = 3,5^\circ$$

Далі визначаємо діаметри патрубків для подачі і відведення бікарбонату натрію у сушарку за формулою:

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{3,14 \cdot v \cdot \rho}}; \text{ м} \quad (17)$$

де G – витрати продукту; $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$.

v – швидкість руху продукту; м/с.

ρ – насипна щільність продукту; $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Визначаємо діаметр патрубку для подачі цукру в сушарку за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,347}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 1400}} = 0,25 \text{ м}$$

Приймаємо $D = 250 \text{ мм}$.

Діаметри патрубків для підведення-відведення сушильного повітря визначаємо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot w}}, \quad (18)$$

де V і G – об'ємна і масова витрати теплоносія відповідно, $\text{м}^3/\text{с}$ і $\text{кг}/\text{с}$;

ρ – густина потоку повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$;

w – швидкість витікання середовища, м/с.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв для пари або газу 1,5–10 м/с [12].

Діаметр патрубку для входу повітря в сушарку:

$$d_{ex} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3563 / 3600}{3,14 \cdot 1,0 \cdot 1,5}} = 0,9 \text{ (м)}.$$

Приймаємо діаметр патрубку 900 мм.

Для патрубку виведення відпрацьованого повітря приймаємо максимально рекомендовану швидкість, а саме 10 м/с. Це необхідно для створення потрібного напору задля подальшого очищення газу у циклоні.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Діаметр патрубку для виходу повітря із сушарки:

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4884 / 3600}{3,14 \cdot 10}} = 0,4 \text{ (м)}.$$

Приймаємо діаметр патрубку 400 мм.

2.4 Гідравлічний опір апарата

У цьому підрозділі визначаємо гідравлічний опір сушильного барабана за методикою [14].

Густина і динамічна в'язкість повітря при усередненій температурі $t_{\text{Вср}} = 120^\circ\text{C}$ відповідно дорівнюють: $\rho_{\text{Вср}} = 1,0 \text{ кг/м}^3$; $\mu_{\text{Вср}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

За прийнятим коефіцієнтом заповнення барабана $\psi = 0,15$ відносний вільний перетин барабана складе $\varphi = 0,85$.

Еквівалентний діаметр барабана для секторної насадки:

$$D_E = \frac{\pi \cdot D \cdot \varphi}{\pi + Z}, \quad (19)$$

де Z – відношення довжини барабана до його внутрішнього діаметра;

$$Z = 10 / (1,2 - 2 \cdot 0,15) = 11,1;$$

$$D_E = \frac{3,14 \cdot (1,2 - 2 \cdot 0,15) \cdot 0,85}{3,14 + 11,1} = 0,17 \text{ (м)}.$$

Критерій Рейнольдса для частинок розміром $\delta_{\text{Ср}} = 0,85 \text{ мм}$.

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\Gamma} \cdot \delta_{\text{Ср}} \cdot \rho_{\text{Вср}}}{\mu_{\text{Вср}}}, \quad (20)$$

$$\text{Re} = \frac{3 \cdot 0,85 \cdot 1,0}{2,2 \cdot 10^{-5}} = 115909.$$

За рисунком [14] визначаємо як для гладкої труби: $\lambda_{\text{Б}} = 2$.

Таким чином, опір барабана (без урахування транспортуючого матеріалу):

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$\Delta P_B = \lambda_B \cdot \frac{L}{D_E} \cdot \omega_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\text{вср}} ; \quad (21)$$

$$\Delta P_B = 2 \cdot \frac{10}{0,17} \cdot 3^2 \cdot 1,0 = 1060 \text{ (Па)}.$$

Відносна масова концентрація матеріалу:

$$y = \frac{G_1 + (G_1 - W)}{2} \cdot G_C \cdot X_K, \quad (22)$$

$$y = \frac{1250 + (1250 - 57)}{2 \cdot 3600} \cdot \frac{3563}{3600} \cdot 0,021 = 7,1 \cdot 10^{-3} \text{ (кг/кг)}.$$

Опір сушильного барабана при $k = 1,4$ [14]:

$$\Delta P = \Delta P_B \cdot (1 + k \cdot y); \quad (23)$$

$$\Delta P = 1060 \cdot (1 + 1,4 \cdot 7,1 \cdot 10^{-3}) = 1070 \text{ (Па)}.$$

За літературними даними [11] опір барабанної сушарки знаходиться у діапазоні 1000–1500 Па при швидкості сушильного агента 3–5 м/с і заповненні барабану до 20 %. Отже, наше отримане значення ($\Delta P = 1070$ Па) відповідає вказаному чисельному діапазону.

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок і вибір повітродувки [15].

Відповідно до схеми (рис. 2.1), подача сушильного агента (повітря) в барабану сушарку забезпечується за допомогою повітродувки.

Повітродувку підбирають у залежності від номінальної подачі і створюваного тиску, необхідного для подолання опорів повітряного тракту з метою нормальної роботи сушарки. Загальний тиск, що розвивається повітродувкою (P , Па) визначається за формулою:

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$P = 1,05 \cdot (\Delta P_1 + \Delta P_2), \quad (24)$$

де $\Delta P_1 = 1070$ Па – опір барабанної сушарки;

$\Delta P_2 = 500$ Па – опір калорифера (приймається);

1,05 – коефіцієнт, який враховує втрати тиску в газопроводах (5 %).

$$P = 1,05 \cdot (1070 + 500) = 1650 \text{ (Па)}.$$

Потужність, споживана повітродувкою:

$$N = \frac{V \cdot P}{1000 \cdot \eta}, \quad (25)$$

де V – об'ємна витрата повітря, необхідного для висушування матеріалу;

η – загальний ККД повітродувки; приймаємо $\eta = 0,6$.

Визначаємо об'ємну подачу повітря вентилятором:

$$V = \frac{G_c \cdot (t_{B0} + 273)}{3600 \cdot \rho_B \cdot 273} = \frac{3563 \cdot (7 + 273)}{3600 \cdot 1,2 \cdot 273} = 0,85 \text{ (м}^3\text{/с)}. \quad (26)$$

$$N = \frac{0,85 \cdot 1650}{1000 \cdot 0,6} = 2,34 \text{ (кВт)}.$$

Повітродувки ВР – це надійні (ресурс до 100000 годин) машини, призначені для подачі повітря в басейни аерації, печі, сушарки та інших застосувань. Повітродувки ВР забезпечують створення надлишкового тиску до 100 кПа або вакууму до 50 кПа (окремі моделі до 90 кПа) в широкому діапазоні продуктивностей. Їх виготовляють на базі компресорних вузлів компаній Robushi (Італія).

Із запасом 30 % вибираємо повітродувку марки ВР-125 з наступними характеристиками:

- продуктивність – 125 м³/хв.;
- максимальний перепад тиску – 70 кПа;
- електродвигун типу АО1-160-2 потужністю 16 кВт.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

Розрахунок і вибір циклону [12].

Циклонні апарати внаслідок дешевизни і простоти пристрою і експлуатації, відносно невеликого опору і високої продуктивності є найбільш поширеним типом механічних пиловловлювачів. Циклонні пиловловлювачі мають наступні переваги перед іншими апаратами: відсутність рухомих частин; надійна робота при температурі до 500°C без конструктивних змін; можливість роботи циклонів при високому тиску; стабільна величина гідравлічного опору; простота виготовлення і можливість ремонту; підвищення концентрації пилу не призводить до зниження фракційної ефективності апарата. До недоліків можна віднести тільки низьку ефективність при уловлюванні частинок розміром < 5 мкм.

Розраховуємо площу перетину циклону:

$$F = \frac{V}{v_0}, \quad (27)$$

де v_0 – оптимальна швидкість газового потоку в циклоні, приймаємо $v_0 = 3,5$ м/с.

$$F = \frac{0,85}{3,5} = 0,24 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначаємо діаметр циклону:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{F} = 1,13 \cdot \sqrt{0,24} = 0,56 \text{ (м)}. \quad (28)$$

Із ряду типорозмірів вибираємо циклон ЦН-15 діаметром 0,6 м.

Розраховуємо дійсну швидкість повітря в циклоні:

$$v_0' = \frac{1,27 \cdot V}{D^2} = \frac{1,27 \cdot 0,85}{0,6^2} = 3 \text{ (м/с)}. \quad (29)$$

Розраховуємо відхилення дійсної швидкості газу в циклоні від оптимальної:

$$\frac{v_0 - v_0'}{v_0} \cdot 100 \% = \frac{3,5 - 3}{3,5} \cdot 100 \% = 14 \% . \quad (30)$$

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

Маса матеріалу, який знаходиться в сушарці:

$$m_M = \frac{\psi \cdot \rho \cdot L \cdot \pi \cdot D_\Phi^2}{4}, \quad (24)$$

де ρ – щільність NaHCO_3 ; $\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$.

$$m_M = \frac{0,15 \cdot 2200 \cdot 10 \cdot 3,14 \cdot 0,88^2}{4} = 2006 \text{ (кг)}.$$

Маса барабана з футеровкою:

$$m_B = \frac{\pi \cdot (D_H^2 - D^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_M + \frac{\pi \cdot (D^2 - D_\Phi^2)}{4} \cdot L \cdot \rho_\Phi, \quad (25)$$

де $D = D_H - 2 \cdot \delta = 1200 - 2 \cdot 10 = 1180 \text{ мм}$;

$D_\Phi = D - 2 \cdot \delta_\Phi = 1180 - 2 \cdot 150 = 880 \text{ мм}$;

$\rho_\Phi = 2500 \text{ кг/м}^3$ – щільність матеріалу футеровки;

$\rho_M = 7800 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_B = \frac{3,14 \cdot (1,2^2 - 1,18^2)}{4} \cdot 10 \cdot 7800 + \frac{3,14 \cdot (1,18^2 - 0,88^2)}{4} \cdot 10 \cdot 2500 = 15043 \text{ (кг)}.$$

Сумарна маса барабана і матеріалу:

$$m = m_B + m_M, \quad (26)$$

$$m = 15043 + 2006 = 17049 \text{ (кг)}.$$

Лінійне напруження (див. рис. 3.1):

$$q = \frac{m \cdot g}{L} = \frac{17049 \cdot 9,81}{10} = 16725 \text{ (Н/м)}. \quad (27)$$

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

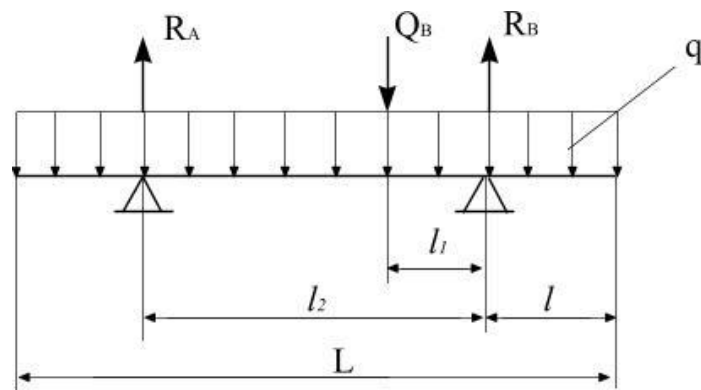


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення товщини стінки бандажа

Реакція на опорах:

$$R_A = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot l_1}{l_2}, \quad (28)$$

$$\text{де } l_2 = 0,585 \cdot L = 0,585 \cdot 10 = 5,85 \text{ м};$$

$$l = 0,205 \cdot L = 0,205 \cdot 10 = 2,05 \text{ м};$$

$$l_1 = 0,09 \cdot L = 0,09 \cdot 10 = 0,9 \text{ м};$$

$Q_B = 7500 \text{ Н}$ – навантаження від венцової шестерні [12].

$$R_A = \frac{16725 \cdot 10}{2} + \frac{7500 \cdot 0,9}{5,85} = 84780 \text{ Н};$$

$$R_B = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{Q_B \cdot (l_2 - l_1)}{l_2} = \frac{16725 \cdot 10}{2} + \frac{7500 \cdot (5,85 - 0,9)}{5,85} = 89970 \text{ Н}. \quad (29)$$

Максимальний згинальний момент, що діє на барабан:

$$M_{\max} = q \cdot L \cdot \frac{(2 \cdot l_2 - L)}{8} + Q_B \cdot \frac{(l_2 - l_1) \cdot l_1}{l_2}; \quad (30)$$

$$M_{\max} = 16725 \cdot 10 \cdot \frac{(2 \cdot 5,85 - 10)}{8} + 7500 \cdot \frac{(5,85 - 0,9) \cdot 0,9}{5,85} = 41252 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Момент опору перетину корпусу барабана:

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$W = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D_{CP}^2}{4} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 1,04^2}{4} = 0,0085 \text{ м}^3, \quad (31)$$

$$\text{де } D_{CP} = \frac{(D_H + D_\phi)}{2} = \frac{(1200 + 880)}{2} = 1040 \text{ мм}.$$

Напруження в корпусі барабана:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{41252}{0,0085} = 4,85 \text{ МПа}. \quad (32)$$

Допустима напруга для апаратів з футеровкою $[\sigma] = 20 \text{ МПа}$.

Умова міцності виконується: $\sigma \leq [\sigma]$ ($4,85 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}$).

Виконуємо розрахунок барабана на жорсткість (визначаємо прогин).

Лінійне навантаження від маси висушуваного матеріалу:

$$q_1 = \frac{g \cdot m_M}{L} = \frac{9,81 \cdot 2006}{10} = 1968 \text{ (Н/м)}. \quad (33)$$

Лінійне навантаження від маси барабана:

$$q_2 = \frac{g \cdot m_B}{L} = \frac{9,81 \cdot 15043}{10} = 14757 \text{ (Н/м)}. \quad (34)$$

Момент інерції одиночного кільця барабана:

$$I_x = \frac{\delta^3}{12} = \frac{(10 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 8,3 \cdot 10^{-8} \text{ (м}^3\text{)}. \quad (35)$$

Сумарний прогин від чинної напруги:

$$y_{\max} = \frac{D_{CP}^3}{8 \cdot E \cdot I_x} \cdot (0,04 \cdot q_1 + 0,002 \cdot q_2), \quad (36)$$

де E – модуль пружності, $E = 1,87 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$y_{\max} = \frac{1,04^3}{8,1,87 \cdot 10^{11} \cdot 8,3 \cdot 10^{-8}} \cdot (0,04 \cdot 1968 + 0,002 \cdot 14757) = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{y_{\max}}{D_{CP}} = \frac{9,8 \cdot 10^{-4}}{1,04} = 9,42 \cdot 10^{-4} = 1/1060. \quad (37)$$

Умова жорсткості виконано, тобто:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon] \quad (1/1060 < 1/300).$$

Визначаємо геометричні розміри бандажа, вільно насунутих на корпус сушарки.

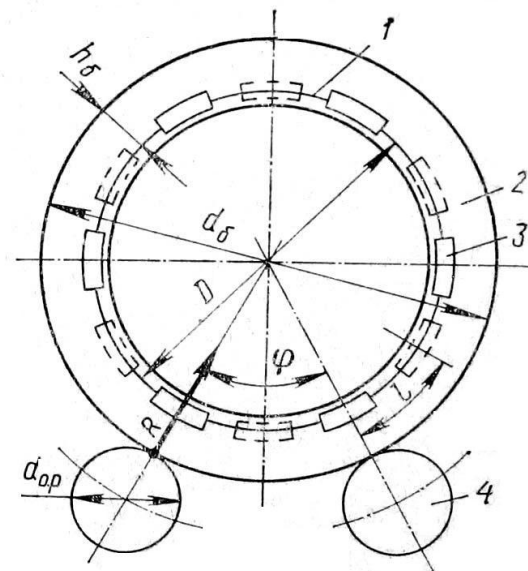


Рисунок 3.2 – Схема для розрахунку бандажа і опорних роликів

Визначаємо ширину бандажа:

$$b_b = \frac{R}{q_H}, \quad (38)$$

де $q_H = (1,0 \div 2,4) \text{ МН/м}$ – допустиме навантаження, яке приходить на одиницю довжини майданчика торкання ролика і бандажа (із досвіду експлуатації);

R – реакція опори ролика, МН.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$R = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha}{2 \cdot z \cdot \cos(\phi / 2)}, \quad (39)$$

де $\alpha = 3^\circ$ – кут нахилу барабана [12];

$\phi = 30^\circ$ – кут між опорними роликами [12];

z – кількість бандажів (візьмемо $z = 1$ шт.).

$$R = \frac{17049 \cdot 9,81 \cdot \cos 3^\circ}{2 \cdot 1 \cdot \cos(30^\circ / 2)} = 86457 \text{ Н} = 0,0865 \text{ МН}.$$

$$b_{\delta} = \frac{0,0865}{1,4} = 0,06 \text{ м}.$$

Ширина опорного ролика $b_{o.p.}$ повинна бути більша за ширину бандажа на 30 мм.

$$b_{o.p.} = b_{\delta} + 0,03 = 0,06 + 0,03 = 0,09 \text{ м}.$$

Діаметр опорних роликів $d_{o.p.}$ беруть в 3–4 рази меншим, ніж зовнішній діаметр барабана:

$$d_{o.p.} = \frac{D_H}{4} = \frac{1,2}{4} = 0,3 \text{ м}.$$

Умова контактної міцності на зминання в місці торкання ролика і бандажа:

$$\sigma_{CM} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{R}{b_{\delta}} \cdot E \cdot \frac{r_{\delta} + r_{o.p.}}{r_{\delta} \cdot r_{o.p.}}} \leq [\sigma]_{CM}, \quad (40)$$

де r_{δ} – зовнішній радіус бандажа;

$$r_{\delta} = \frac{D_H + 2 \cdot h_{\delta}}{2} = \frac{1,2 + 2 \cdot 0,1}{2} = 0,7 \text{ м};$$

$r_{o.p.}$ – зовнішній радіус опорного ролика.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$\sigma_{CM} = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,0865}{0,06} \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot \frac{0,7+0,15}{0,7 \cdot 0,15}} = 61,75 \text{ МН} / \text{м}^2.$$

$[\sigma]_{CM} = 300 \div 500 \text{ МПа}$ (для сталевго лиття) – допустиме напруження матеріалу ролика і бандажа на зминання.

Остаточнo маємо:

$$\sigma_{CM} < [\sigma]_{CM} \text{ (} 61,75 \text{ МПа} < 300 \text{ МПа), тобто умова виконується.}$$

Далі виконаємо перевірку контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного ролика і бандажа.

Осьова сила, яку сприймають упорні ролики:

$$T = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{10^6}; \quad (41)$$

$$T = \frac{17049 \cdot 9,81 \cdot \sin 3^\circ}{10^6} = 0,00875 \text{ (МН)}.$$

Умова контактної міцності на зминання в місці зіткнення упорного конічного ролика і бандажа:

$$\sigma_C = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{T \cdot E}{b_{y.p.} \cdot r_\delta \cdot \sin(\frac{\gamma}{2})}} \leq [\sigma]_C, \quad (42)$$

де $b_{y.p.}$ – ширина упорного ролика, м; $b_{y.p.} = b_{o.p.} = 0,09$ м;

$\gamma = 17^\circ$ – кут конусності упорного ролика.

$$\sigma_C = 0,0418 \cdot \sqrt{\frac{0,00875 \cdot 1,87 \cdot 10^5}{0,09 \cdot 0,7 \cdot \sin(\frac{17^\circ}{2})}} = 17,52 \text{ МПа} < 300 \text{ МПа}.$$

Умови виконуються.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Перевірка міцності бандажа на вигин.

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{\delta}}{W_{\delta}} \leq [\sigma]_{изг}, \quad (43)$$

де $M_{\delta} = \frac{R \cdot \ell}{4}$ – максимальний згинальний момент в місці контакту опорного ролика і бандажа, МН·м;

ℓ – відстань між сусідніми башмаками

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_B}{m}, \quad (44)$$

де $m = 8$ – загальна кількість башмаків [12].

$$\ell = \frac{\pi \cdot D_B}{m} = \frac{3,14 \cdot 1,2}{8} = 0,471 \text{ м};$$

$$M_{\delta} = \frac{0,0865 \cdot 10^6 \cdot 0,471}{4} = 10,2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

W_{δ} – момент опору перерізу бандажа, м³.

$$W_{\delta} = \frac{b_{\delta} \cdot h_{\delta}^2}{6}, \quad (45)$$

де $h_{\delta} = 0,1$ м – висота бандажа.

$$W_{\delta} = \frac{0,06 \cdot 0,1^2}{6} = 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Тоді:

$$\sigma_{изг} = \frac{10,2 \cdot 10^3}{10^{-4}} = 102 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{изг} \leq [\sigma]_{изг} \quad (102 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа}).$$

Отже, умова виконується.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата [17, 18]

Перед монтажем апарат необхідно ретельно очистити від антикорозійного покриття. Барабанну сушарку встановлюють на бетонний фундамент. Глибина залягання фундаменту залежить від якості ґрунту, але не повинна бути меншою ніж 436 мм. Монтаж слід проводити по рамному рівню. Необхідна точність установки барабанної сушарки в обох напрямках 0,5 / 1000.

Після вивірки апарату фундаментні болти заливаються бетоном. Після затвердіння бетону слід затягнути гайки фундаментних болтів, перевіряючи положення сушарки за рівнем. Затягування гайок повинно здійснюватися рівномірно і плавно. Потім під раму барабану підливається цементний розчин і ведеться остаточна обробка фундаменту.

При обробці фундаменту необхідно передбачити підведення електроживлення до автоматичного вимикача і від автоматичного вимикача до барабану. Місце установки автоматичного вимикача вибирається із урахуванням, щоб він не заважав при роботі і ремонті. Заземляють машину до загальної системи заземлення. Перевіряють електрообладнання машини.

Далі перевіряють правильність зачеплення зубчастої пари. Після підключення машини до електромережі перевіряють правильність обертання барабану відповідно для забезпечення повернення матеріалу в барабан.

Барабанна сушарка доставляється на монтажний майданчик у розібраному вигляді за допомогою тягача. Для приймання призначається відповідальна особа з числа ІТП, якій здійснює приймання деталей, що надійшли на об'єкт, і записує в журнал «Прийому і огляду обладнання». Готовність апарата під монтаж оформляють актом, підписаним представниками замовника монтажної організації.

Після перевірки стану конструкції підписується акт «приймання – здачі обладнання». Після підписання акту, відповідальність за обладнання несе монтажна організація.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		37

Одним із найбільш поширених способів монтажу для масивного горизонтального обладнання є підйом пневмоколісними стріловидними самохідними кранами. Цей спосіб активно використовують, оскільки він не вимагає тривалих підготовчих робіт, а також є безпечним і зручним (рис. 4.1).

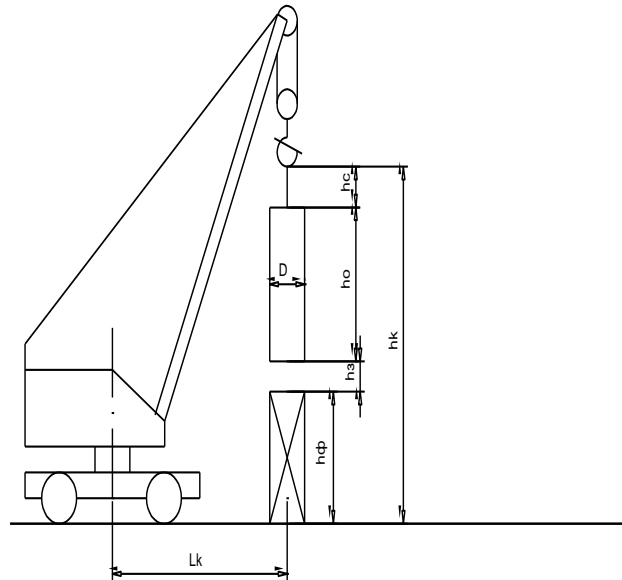


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема підйому барабанної сушарки стріловидними кранами методом ковзання з відривом від землі

Монтаж починають із підйому апарата з вихідного горизонтального положення без відриву його від землі. Коли установка одного з кранів із зовнішньої сторони фундаментів неможлива, монтаж апарата виконують тільки маневруванням стріли крана. У тих випадках, коли при підйомі апаратів неможливо розташувати крани із зовнішньої сторони фундаментів і проїхати між фундаментами, збільшують виліт стріли кранів або переміщують крани з піднятим апаратом в межах їх вантажної характеристики.

Після установки і вивірки апарата перевіряють надійність зачеплення зубчастої передачі. А після підключення барабанної сушарки до електромережі перевіряють коректність обертання барабана і можливість завантаження матеріалу в середину барабана.

4.2 Ремонт апарата [18]

Барабанна сушарка є дуже металомістким апаратом, а тому при його ремонті виконується великий обсяг монтажних робіт із застосуванням підйомно-транспортного обладнання, риштувань та помостів. Частина вузлів сушарки не може бути замінена за допомогою існуючих самохідних монтажних кранів через недостатню їх вантажопідйомність і закоротку довжину стріли. Це призводить до необхідності застосування при виконанні ремонтних робіт різноманітних такелажних пристроїв, щогл, порталів тощо. У той же час, застосування кранів замість щогл і порталів дозволяє підвищити продуктивність праці у 3–4 рази при одночасному значному скороченні термінів ремонту.

Зовнішній огляд корпусу дозволяє визначити місця прогарів, корозії, великих деформацій обичайок (вм'ятини, випучини), тріщини, порушення зварних і клепаних швів і т. ін. Викривлення корпусу апарата визначається за допомогою профілографа і геодезичним безконтактним методом. Останній спосіб найбільш прийнятний для визначення максимальних викривлень корпусу барабанної сушарки. На працюючій сушарці проводиться вимір биття гарячого і холодного кінців і визначається експлуатаційний стан ущільнень.

Нормальна робота приводу характеризується відсутністю вібрацій, шуму і поштовхів у зачепленні і універсальному шпинделі, безперебійним надходженням масла в усі точки змащування.

Результати комплексного обстеження апарата зводяться в єдину схему за якою складається відомість дефектів агрегату. Аналогічним чином визначаються дефекти і допоміжного обладнання.

Для скорочення тривалості простою барабанної сушарки на ремонті, підвищення якості та зниження вартості ремонту – основні роботи виконують за проектом організації ремонтних робіт (ПОР).

ПОР включає в себе:

- ескіз сушарки;
- перелік ремонтних операцій і їх зміст;
- технічні умови на виконання ремонтних операцій;

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

- визначення перевіркової бази і методи перевірки;
- перелік матеріальних ресурсів, допоміжних інструментів і пристосувань;
- допуски відхилень розмірів від зазначених у кресленнях.

При виконанні ремонту обертових вузлів обов'язковим є застосування вузлового методу, який передбачає заміну всіх зношених вузлів новими (заздалегідь підготовленими) або ж відремонтованими.

При підготовці апарата до ремонту проводяться наступні роботи:

1. Готуються шляхи під'їзду і засоби доставки вузлів.
2. Встановлюються вантажопідйомні і підтримуючі пристрої.
3. Виконується укрупнена збірка вузлів.

Підготовчі роботи дозволяють зменшити тривалість капітального ремонту і провести його протягом 18–28 діб.

Перед здачею в ремонт з барабанної сушарки необхідно видалити клінкер і футеровку, ретельно очистити всі підлягаючі ремонту і розбиранню вузли. Найбільш часто ремонттованими вузлами барабанної сушарки є корпус, роликові опори, бандажі, венцові пари, приводи, вентилятори і димососи, теплообмінні пристрої, холодильники, масляні системи, системи водяного охолодження, аспіраційні пристрої.

Майже кожна зупинка барабанної сушарки на капітальний ремонт супроводжується заміною дефектних ділянок корпусу. Така заміна проводиться шляхом установки нових обичайок довжиною від 1 до 20–30 м, причому найбільш часто замінюються ділянки по 3–4 м. При цьому потрібна установка підпор під консолі корпусу для запобігання можливого викривлення осі апарата в місці установки нових обичайок. Стиковка їх зі старим корпусом – доволі трудомістка операція, а застосування існуючих методів перевірки стикувань нерідко призводить до значних неточностей.

Привід є найбільш відповідальним вузлом. Від надійності його роботи залежить нормальна експлуатація усього агрегату. Відповідно до кінематичної схеми приводу сушарки, яка містить: електродвигун, редуктор, універсальний шпindel і венцову пару – найменш надійним в експлуатації і найбільш часто ремонттованим вузлом вважається венцова пара.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 Охорона праці

Принцип будови та розрахунок природної і штучної вентиляції [19, 20]

Для забезпечення сприятливих (комфортних) умов праці, ефективним методом є вентиляція, яка має наступну класифікацію і буває:

За способом переміщення повітря: природна; штучна.

За напрямком потоку повітря: приливна; витяжна; приливно – витяжна.

За місцем дії:

- загально обмінна;
- місцева;
- комбінована.

За призначенням:

- для розчину шкідливих речовин до допустимих концентрацій;
- для усунення з приміщень надлишків тепла, пилу або вологи.

Розрахунок вентиляції

Необхідна площа приливних F_{np} та витяжних F_v вентиляційних отворів, які забезпечують потрібний повітрообмін визначають за формулами

$$F_{np} = \frac{I_{np}}{3600 \mu \sqrt{2gh_n} (\gamma_z - \gamma_v) \gamma_v};$$

$$F_v = \frac{I_v}{3600 \mu \sqrt{2gh_v} (\gamma_z - \gamma_v) \gamma_v};$$

де I_{np} і I_v – необхідна кількість (за масою) повітря, яке відповідно надходить і видаляється з приміщення, $кг/год.$;

μ – коефіцієнти витрат, які залежать від конструкції отвору (0,7 - 0,9);

γ_z і γ_v – питома вага зовнішнього і внутрішнього повітря, $кг/м^3$;

h_n і h_v – відстань від центру відповідно нижнього (припливного) і верхнього (витяжного) отвору до нейтральної зони, м;

g – прискорення вільного падіння, $9,8 м/с^2$.

Перевагою природної вентиляції є її дешевизна та простота експлуатації.

Основний її недолік в тому, що повітря надходить в приміщення без попереднього

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

очищення, а видалене відпрацьоване повітря також не очищується і забруднює довкілля.

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати, зволожувати), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрязабір в найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

Загальнообмінна штучна вентиляція

Загальнообмінна вентиляція забезпечує створення необхідного мікроклімату та чистоти повітряного середовища у всьому об'ємі робочої зони приміщення. Вона застосовується для видалення надлишкового тепла при відсутності токсичних виділень, а також у випадках, коли характер технологічного процесу та особливості виробничого устаткування виключають можливість використання місцевої витяжної вентиляції.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вверх, знизу вверх, знизу вниз (рис. 5.1).

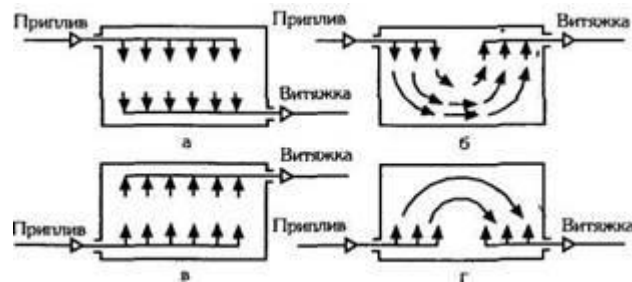


Рисунок 5.1 – Схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції

Схеми зверху вниз (рис. 5.1а) та зверху вверх (рис. 5.1б) доцільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу температури приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Інші дві схеми (рис. 5.1в та 5.1г) рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний

період року підігривається і його температура вища температури внутрішнього повітря.

Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пари з густиною, що перевищує густину повітря (наприклад, пари кислот, бензину, гасу), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% — з верхньої.

Якщо густина газів менша за густину повітря, то видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

Припливна вентиляція. Схема припливної механічної вентиляції (рис. 5.2) включає: повітрязбірний пристрій 1; фільтр для очищення повітря 2; повітрянагрівач (калорифер) 3; вентилятор 5; мережу повітроводів 4 та припливні патрубки з насадками 6. Якщо немає необхідності підігривати припливне повітря, то його пропускають безпосередньо у виробничі приміщення через обвідний канал 7.

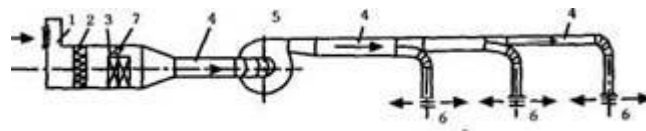


Рисунок 5.2 – Схема припливної вентиляції

Повітрязбірні пристрої необхідно розташовувати в місцях, де повітря не забруднене пилом та газами. Вони повинні знаходитись і нижче 2 м від рівня землі, а від викидних каналів витяжної вентиляції по вертикалі — нижче 6 м і по горизонталі — не ближче 25 м.

Припливне повітря подається в приміщення, як правило, розсіяним потоком для чого використовуються спеціальні насадки.

Витяжна та припливно-витяжна вентиляція. Витяжна вентиляція (рис. 5.3) складається із очисного пристрою 1, вентилятора 2, центрального 3 та відсмоктуючих повітроводів 4.

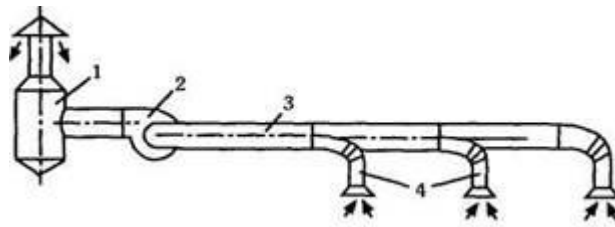


Рисунок 5.3 – Схема витяжної вентиляції

Повітря після очищення необхідно викидати на висоті не менше ніж 1 м над гребенем даху. Забороняється робити викидні отвори безпосередньо у вікнах.

В умовах промислового виробництва найбільш розповсюджена припливно-витяжна система вентиляції із загальним припливом в робочу зону та місцевою витяжкою шкідливих речовин безпосередньо з місць їх утворення.

У виробничих приміщеннях, де виділяється значна кількість шкідливих газів, парів, пилу витяжка повинна бути на 10% більшою ніж приплив, щоб шкідливі речовини не витіснялись у суміжні приміщення з меншою шкідливістю.

В системі припливно-витяжної вентиляції можливе використання не лише зовнішнього повітря, але й повітря самих приміщень після його очищення. Таке повторне використання повітря приміщень називається рециркуляцією і здійснюється в холодний період року для економії тепла, витраченого на підігрівання припливного повітря. Однак можливість рециркуляції обумовлюється цілою низкою санітарно-гігієнічних та протипожежних вимог.

Місцева вентиляція

Місцева вентиляція може бути припливною і витяжною.

Місцева припливна, при якій здійснюється концентроване подання припливного повітря заданих параметрів (температури, вологості, швидкості руху), виконується у вигляді повітряних душів, повітряних та повітряно-теплових завіс.

Повітряні душі використовуються для запобігання перегріванню робітників в гарячих цехах, а також для утворення так званих повітряних оазисів (ділянок виробничої зони, які різко відрізняються своїми фізико-хімічними характеристиками від решти приміщення).

Повітряні та повітряно-теплові завіси призначені для запобігання надходження в приміщення значних мас холодного зовнішнього повітря при

необхідності частого відкривання дверей чи воріт. Повітряна завіса створюється струменем повітря, що подається із вузької довгої щілини, під деяким кутом назустріч потоку холодного повітря. Канал зі щілиною розміщують збоку чи зверху воріт (дверей).

Місцева витяжна вентиляція здійснюється за допомогою місцеві витяжних зонтів, всмоктуючих панелей, витяжних шаф, бортові відсмоктувачів (рис. 5.4).

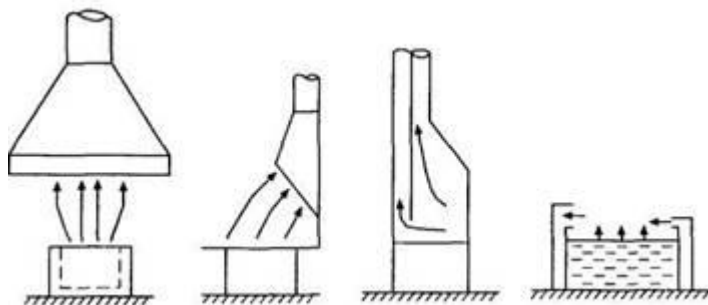


Рисунок 5.4 – Приклади місцевої витяжної вентиляції: а — витяжний зонт, б — всмоктувальна панель, в — витяжна шафа з комбінованою витяжкою, г — бортовий відсмоктувач з передувом

Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом.

Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та устаткування.

У випадках, коли джерело виробничих шкідливостей можна помістити всередині простору, обмеженого стінками, місцеву витяжну вентиляцію влаштовують у вигляді витяжних шаф, кожухів, вітринних відсмоктувачів. Якщо за умовами технології або обслуговування джерело шкідливостей не можна ізолювати, тоді встановлюють витяжний зонт або всмоктувальну панель. При цьому потік повітря, що видаляється, не повинен проходити через зону дихання робітника.

Окремим випадком місцевої витяжної вентиляції є бортові відсмоктувачі, якими обладнують ванни (гальванічні, травильні) чи інші ємкості з токсичними

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

рідинами, оскільки необхідність використати при їх завантаженні підйимально-транспортного обладнання унеможливилює використання витяжних зонтів та всмоктувальних панелей. При ширині ванни 1 м і більше необхідно встановлювати бортовий відсмоктувач з передувом (рис. 5.4г), у якого з одного боку ванни повітря відсмоктується, а з іншого — нагнітається. При цьому рухоме повітря ніби екранує поверхню випаровування токсичних рідких продуктів.

Методи розрахунку систем штучної вентиляції

Основне завдання розрахунку загальнообмінних систем штучної вентиляції — визначити кількість повітря, що необхідно подати і вилучити з приміщення. При розрахунку вентиляції в цехах, повітрообмін, як правило, визначають розрахунковим шляхом за конкретними даними про кількість шкідливих виділень (теплоти, вологи, парів, газів).

Для цехів, де виділяються шкідливі речовини, повітрообмін визначають за кількістю шкідливих газів, парів, пилу, що надходять в робочу зону, з метою розбавлення їх припливним повітрям до гранично допустимих концентрацій.

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2} \text{ (м}^3\text{/год),}$$

це U — кількість шкідливих виділень в цеху, мг/год;

k_1 — гранично допустима концентрація шкідливих виділень в повітрі цеху, мг/м³;

k_2 — концентрація шкідливих виділень в припливному повітрі, мг/м³. Для цехів з виділенням надлишкового тепла кількість припливного повітря визначається із умови асиміляції цього тепла.

$$L = \frac{Q_{надл}}{C\gamma(t_B - t_n)},$$

C — питома теплоємність повітря при постійному тиску, ще дорівнює 1 кДж/кгК;

γ — густина припливного повітря, кг/м³; t_B — температура повітря, що виходить з цеху; t_n — температура припливного повітря.

Для приміщень, де немає шкідливих виділень (або кількість їх незначна) приплив (витяжку) повітря можна визначити за кратність повітрообміну (k) — відношенням об'єму вентиляційного повітря L (м³/ год) до об'єму приміщення V (м³):

$$k = \frac{L}{V_n}$$

Кратність повітрообміну показує скільки разів протягом години необхідно замінити весь об'єм повітря в даному приміщенні для створення нормальних умов повітряного середовища. Визначивши за довідником кратність повітрообміну можна порахувати об'єм припливного повітря чи витяжки.

Для приміщень, де не утворюються шкідливі виділення та надлишкове тепло і немає необхідності у створенні метеорологічного комфорту можна використати формулу:

де l — мінімальне подання повітря на одного працівника відповідно до санітарних норм (при об'ємі приміщення, що припадає на одного працівника, до 20 м³—30 м³/год, а при об'ємі більше 20 м³—20 м³/год);

n — кількість працівників в приміщенні.

При розрахунку місцевої витяжної вентиляції кількість повітря, що вилучається місцевою витяжкою (зонт, панель, шафа) можна порахувати за формулою:

де F — площа перерізу $L = F \times v \times 3600$, (м³/год) отвору місцевої витяжки, м²;

v — швидкість руху вилученого повітря в цьому отворі (приймається від 0,5 до 1,7 м/с в залежності від токсичності та леткості газів та парів).

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Література

1. Гідрокарбонат натрію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Гідрокарбонат_натрію
2. Сушіння [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Сушіння>
3. Наукові основи фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів : монографія / В. М. Атаманюк, Я. М. Гумницький; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2013. – 256 с.
4. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 32 с.
5. Шокин И. Н. Технология соды / И. Н. Шокин. – М. : Химия, 1975. – 288 с.
6. Чернобыльский И. И. Машины и аппараты химических производств / И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1974. – 456 с.
7. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И. Л. Иоффе. – Л. : Химия, 1991. – 352 с.
8. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Химия, 1973. – 752 с.
9. Лазинский А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. – Л. : Машиностроение, 1970. – 752 с.
10. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник / А. А. Лазинский. – Л. : Машиностроение, 1981. – 382 с.
11. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин [и др.]. – Под общ. ред. Сорокина В. Г. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.

					<i>ПОХНВ.С.00.00.00 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

12. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.

13. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – За ред. А. П. Врагова. – Суми : Вид-во СумДУ, 2008. – 170 с.

14. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи / Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.

15. Основные процессы и аппараты химической технологии : Пособие по проектированию / Под ред. Дытнерского Ю. И. – М. : Химия, 1983. – 272 с.

16. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]. – Под общ. ред. Михалева М. Ф. – Л. : Машиностроение, 1984. – 301 с.

17. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с.

18. Ермаков В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шейн. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.

19. Кобилянська І. М., Кобилянський О. В., Яблочников С. Л. Основи охорони праці : Навчальний посібник. – Вінниця, 2007. – 171 с.

20. Безпека праці та промислова санітарія : курс охорони праці для студентів інженерно-економічного напрямку підготовки / К. Н. Ткачук, О. Л. Гуменюк, Т. П. Бивойно [та ін.]; за ред. К.Н. Ткачука і О.Л. Гуменюк – Чернігів : ЧДТУ, 2010. – 368 с.